

El objetivo de la antena es el de proporcionar dos haces simultáneos y próximos, separando en canales diferentes la

señal recibida por cada haz. La antena tiene como entrada la señal de baliza del satélite que recibe a través del elemento radiante, y como salidas, los canales A y B correspondientes a cada uno de los haces generados. Se añade también un tercer canal de referencia como salida de la antena, que corresponde a la masa del circuito, y que coincide con la masa de todo el sistema.

Puesto que se pretende estudiar las posibilidades que puede aportar la antena a este tipo de aplicaciones, se ha optado por que el elemento radiante esté formado por 4 subarrays, en la forma que muestra la Fig. 2. Se consigue de este modo ver las posibilidades que aporta el método seguido para el diseño de la antena, sobre el control de la separación entre haces, y conseguir el nivel de ganancia que se requiera, apilando subarrays.

El subarray es realmente el elemento radiante básico del sistema, pues incorpora la salida de cada canal mediante una línea microstrip acoplada a los radiadores extremos a través de una rendija practicada en el plano de masa.

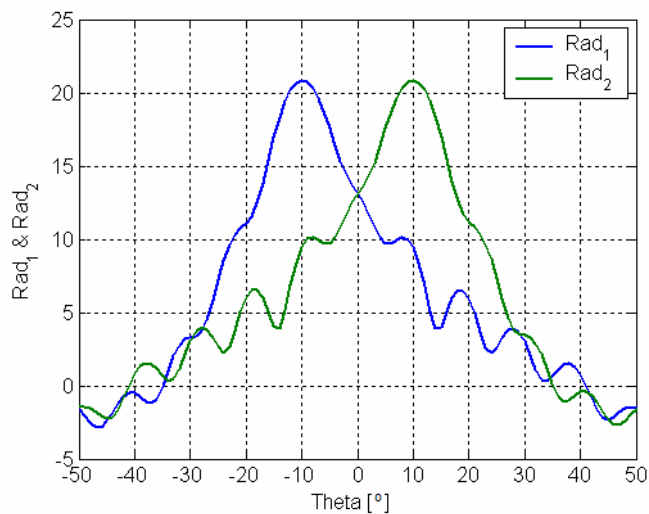


Fig. 4. Diagrama simulado de ambos canales.

Como puede verse en la figura 2, cada subarray está formado por 10 radiadores microstrip cuadrados, en línea, y unidos entre si por una línea de alta impedancia. Sendas líneas microstrip, una por canal, se acoplan a los radiadores extremos del subarray, mediante un acoplo por rendija a través del plano de masa.

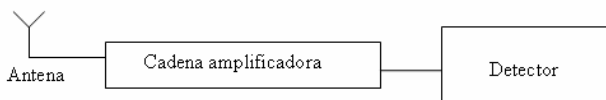


Fig. 5. Componentes del conversor de señales: cadena amplificadora y detector.

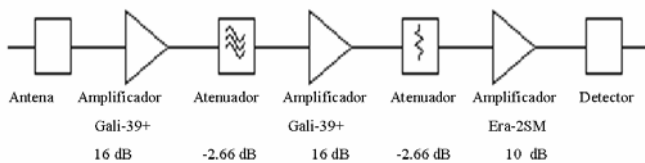


Fig. 6. Elementos de la cadena amplificadora.

La Fig. 3 muestra la disposición de los materiales empleados según un corte transversal a la estructura radiante, y la Fig. 4 muestra el diagrama de radiación simulado para

ambos canales. La elección de la forma del diagrama se ha realizado en base a la discriminación propuesta de  $10^\circ$ , para el demostrador a fabricar. La ganancia pedida a la antena viene del compromiso existente con la cadena amplificadora, siendo uno de los objetivos principales el de no encarecer el coste del demostrador.

### B. Conversor de señales

La función del conversor de señales es la de amplificar la señal de cada canal de forma independiente, y la de convertirla en señal de voltaje, en los niveles adecuados para que puedan ser leídos por la tarjeta de control. La Fig. 5 muestra el esquema del conversor de señales de cada canal, conectado a la antena, que está compuesto por la cadena amplificadora y el detector que es quien realmente realiza la conversión a voltios.

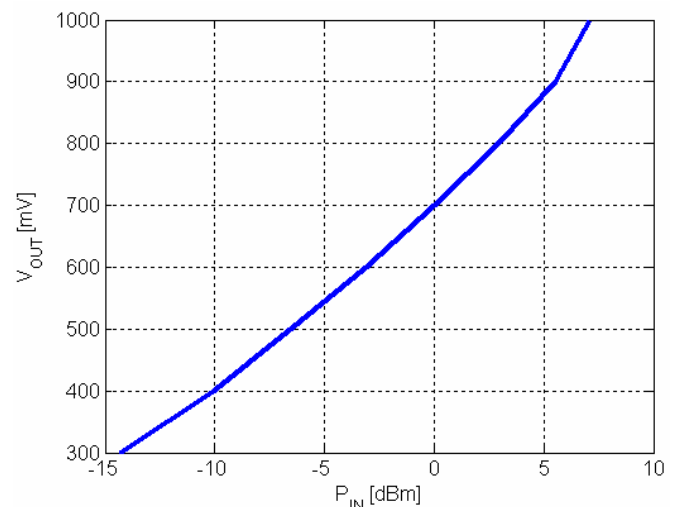


Fig. 7. Gráfica teórica de la conversión a voltios.

Las entradas del conversor de señales son las salidas de la antena (los dos canales A y B y el tercero de referencia), además de los cables de DC, necesarios para alimentar los componentes activos del conversor.

Las salidas del conversor de señales son los canales A y B de los haces, referidos en voltios a la masa del sistema, y dentro de los márgenes pre-definidos por la tarjeta de control.

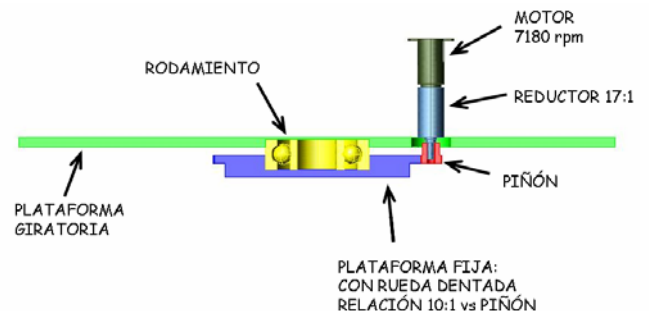


Fig. 8. Estructura mecánica que proporciona el giro en acimut.

La Fig. 6 muestra un esquema más completo de la cadena amplificadora, indicando la contribución de cada componente en ganancia y pérdidas, para que la entrada al detector esté dentro de los niveles que requiere. La duplicidad del circuito de amplificación es necesaria para

que los canales sean independientes y por tanto simultáneos, a la entrada de la tarjeta de control.

La Fig. 7 muestra la gráfica teórica de la conversión a voltios que proporciona el detector.

### C. Tarjeta de control

El objetivo de la tarjeta de control es el de comparar los canales A y B, y conectar o desconectar el motor en función del resultado de la comparación, y evidentemente, invertir la tensión de la alimentación del motor si es necesario cambiar el sentido de giro del motor.

Una vez encendido el sistema, el algoritmo de control pone en marcha el motor para que realice un giro, hasta que detecte en ambos canales un valor de tensión por encima de un valor umbral predefinido. A partir de ese momento la diferencia de tensión entre canales es quien determina el sentido hacia donde debe actuar el motor.

En caso que la diferencia entre canales sea inferior en valor absoluto a un valor predefinido, significa que el apuntamiento es bueno, por lo que el algoritmo de control detiene al motor en esa posición.

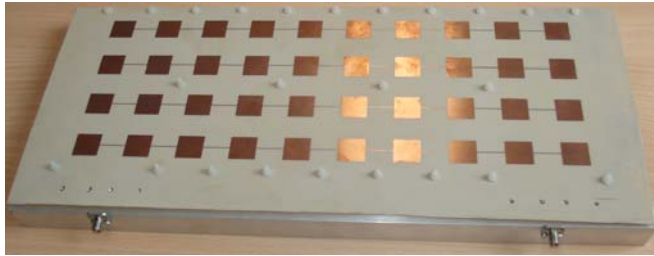


Fig. 9. Vista de la cara radiante de la antenna.



Fig. 10. Vista de la parte trasera de la antenna.

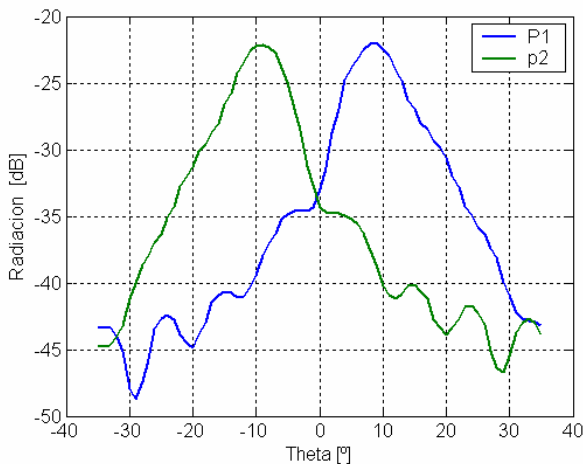


Fig. 11. Diagrama de radiación medido de ambos canales.

### D. Estructura mecánica

El sistema de apuntamiento se sitúa sobre una plataforma que gira mediante un rodamiento axial. El motor se acopla a

un elemento reductor 17:1, reducción que es ampliada por la relación 10:1 entre la rueda dentada de la base y el piñón en el eje del motor.

La Fig. 8 muestra un esquema de la estructura mecánica que proporciona el giro en acimut. Como plataforma se ha optado por una placa de aluminio de 10 mm de espesor, con objeto de incrementar la masa del prototipo y confirmar el funcionamiento de la antenna.



Fig. 12. Circuito conversor fabricado. .

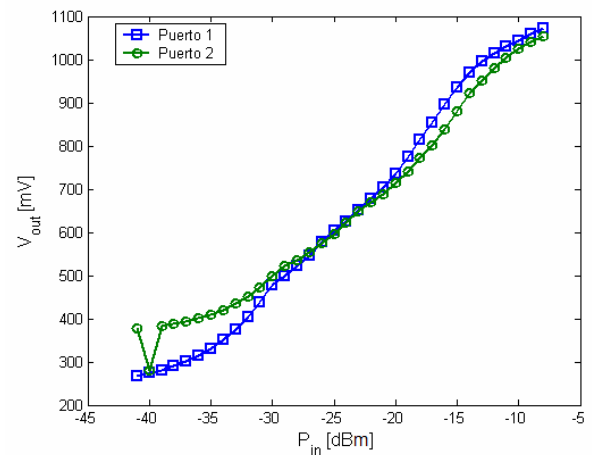


Fig. 13. Salida del conversor de señales para cada canal.

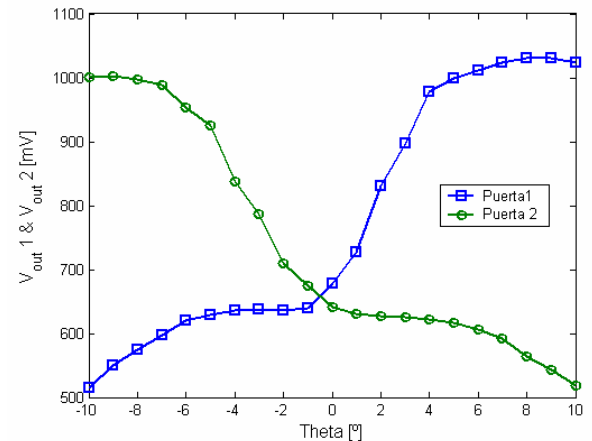


Fig. 14. Diagrama de radiación en voltios de ambos canales.

## III. PROTOTIPO FABRICADO

Siguiendo las pautas definidas en el diseño del sistema, se fabricó en primer lugar la antenna, confirmando las expectativas del diseño. Las Fig. 9 y Fig. 10 muestran las caras superior y posterior del elemento radiante, donde puede apreciarse la separación de los canales.

La medida de adaptación fue inferior a  $-10$  dB en ambos canales, y el aislamiento entre canales fue superior a 30 dB.

La Fig. 11 muestra el diagrama de radiación medido de ambos canales, observándose en la comparación, que los

resultados obtenidos son similares a los resultados teóricos que muestra Fig. 4.

La Fig. 12 muestra el circuito del conversor de señales, en el que puede observarse claramente la duplicidad de canales. La Fig. 13 muestra la salida medida del conversor en voltios para ambos canales, que puede compararse con el resultado teórico mostrado en la Fig. 7.

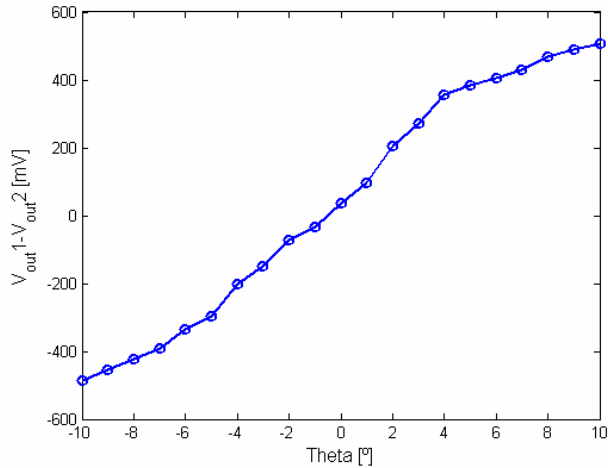


Fig. 15. Diferencia entre canales en función del ángulo de apuntamiento.

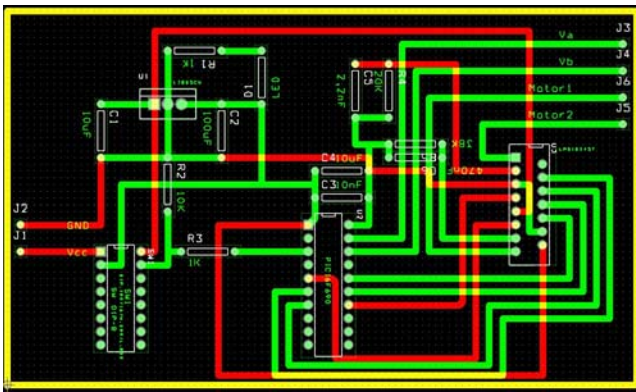


Fig. 16. Placa del circuito de control.

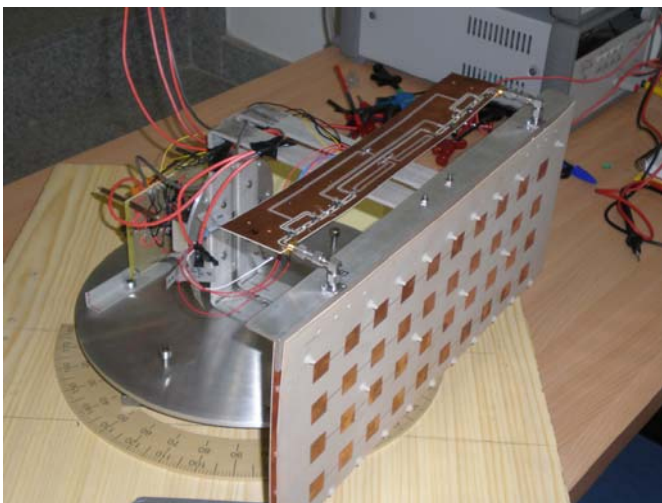


Fig. 17. Vista general del demostrador.

La Fig. 14 muestra los diagramas de radiación en voltios de ambos canales, y la Fig. 15 la diferencia en voltios de la señal entre canales, respecto al ángulo de incidencia. Es en esa diferencia en la que se basa el algoritmo de control para

tomar la decisión sobre la calidad del apuntamiento y actuar en caso necesario sobre el motor, aplicando el voltaje con el signo apropiado.

La Fig. 16 muestra el esquema de la placa del circuito de control fabricada. La placa está fotograbada por ambas caras con objeto de simplificar el montaje de elementos y facilitar su acceso.

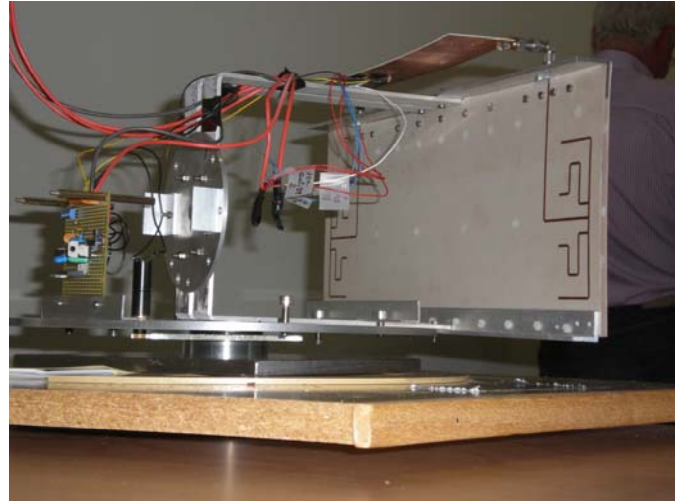


Fig. 18. Vista lateral del prototipo.

La Fig. 17 muestra una vista general del prototipo fabricado. En ella puede verse la distribución de elementos, como por ejemplo el conversor en la parte superior, y la placa de control en la parte posterior. En la vista lateral de la Fig. 18, se puede observar la posición del motor, junto con el piñón y la rueda dentada sobre la que actúa. La placa de control que muestra esta figura es un prototipo inicial, previo al definitivo que muestra la Fig. 16.

Para observar el funcionamiento del sistema, el conjunto (incluida la plataforma giratoria), se colocó sobre otra plataforma que admite un giro manual. De esa forma, una vez iniciado el proceso, y después que la antena localiza la señal de baliza, se puede girar manualmente la plataforma para sacarla del apuntamiento, y observar si la antena lo mantiene.

Puesto que el objetivo era comprobar el funcionamiento del sistema y no el llegar a un prototipo final, la alimentación del circuito se realizó mediante cables con longitud suficiente para permitir al menos un par de vueltas en el giro durante las pruebas (ver las Fig. 17 y Fig. 18).

#### IV. CONCLUSIONES

El demostrador fabricado ha confirmado las expectativas de buen funcionamiento de un sistema de apuntamiento basado en la comparación de nivel entre dos haces. El sistema desarrollado puede ser una alternativa que simplifique los actuales sistemas de seguimiento.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a José Carlos Rodríguez Doce y Andrés de Frutos su participación en el diseño y desarrollo del control y mecanismos del sistema, y a la empresa italiana GIOMAR y al Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN), a través del proyecto TEC2008-06684-C03-01/TEC, su colaboración en la financiación del trabajo.